

08 JUN 2004

证 明

本证明之附件是向本局提交的下列专利申请副本

REC'D 28 JUN 2004

WIPO

PCT

申 请 日： 2003.05.23

申 请 号： 03136672.4

申 请 类 别： 发明

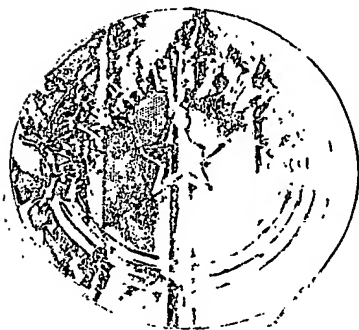
发明创造名称： 磁共振设备中的静磁场调节方法及其静磁场发生装置

申 请 人： 西门子（中国）有限公司

发明人或设计人： 倪成、薛廷强

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

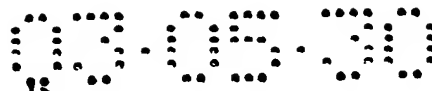


中华人民共和国
国家知识产权局局长

王 荣 川

2004 年 5 月 8 日

权利要求书



- 1, 一种磁共振设备中的静磁场发生装置, 包括永磁柱 (1), 永磁柱由 C 型框架或多柱框架构成磁回路, 该永磁柱 (1) 的两个相对的端面之间的空间放置被测物体或被测生物体, 该两相对端面沿其间的一个虚拟的平面基本上呈镜面对称, 在该两相对的端面的每一个端面上沿被测物方向设置一个极板 (2), 在每一个极板 (2) 之下沿被测物方向设置一个极片 (4), 在每一个极片 (4) 之下沿被测物方向设置一个梯度线圈 (7), 在每一个梯度线圈 (7) 之下沿被测物方向设置一个射频发射线圈 (8), 在每个梯度线圈 (7) 的外侧设置一个环绕该梯度线圈 (7) 的环形的第一匀场环 (5), 每对极板 (2)、极片 (4)、梯度线圈 (7)、射频发射线圈 (8) 和第一匀场环 (5) 基本上以永磁柱 (1) 的两个相对端面之间的虚拟平面呈镜面对称, 其特征在于在每个第一匀场环 (5) 的外缘之上沿被测物方向附加一个第二匀场环 (6), 两匀场环 (6) 基本上以上述的虚拟平面呈镜面对称。
- 2, 如权利要求 1 中所述的静磁场发生装置, 其特征在于两匀场环 (6) 面对被测物的外面基本上不突出于射频发射线圈 (8) 面向被测物的的外平面, 以方便被测物的进出。
- 3, 如权利要求 1 或 2 中所述的静磁场发生装置, 其特征在于永磁柱由多组磁能级不同的永磁单元构成, 这些单元在磁能级方面基本上以极板平面的中心点对称, 在极板平面上贯穿该点的一条直线上以该点相对称的两处永磁单元的磁能级的大小相同。
- 4, 如权利要求 3 中所述的静磁场发生装置, 其特征在于多组永磁单元在磁能级方面以穿过极板平面中心点并垂直于该极板平面的轴相对称, 在绕该中心点的某一个环上的永磁单元的磁能级大小相同。
- 5, 如权利要求 4 所述的静磁场发生装置, 其特征在于所述的永磁单元呈 2 个、4 个或多于 4 个环分布, 较外面的环中的永磁单元的磁能级高于较里面的环的永磁单元的磁能级。

6, 如权利要求 4 所述的静磁场发生装置, 其特征在于所述的那些永磁单元按照磁能级可分成三个永磁环域, 外环域的磁能级为 N_3 , 中环域的磁能级为 N_2 , 内环域的磁能级为 N_1 , $N_3 > N_2 > N_1$ 。

7, 如权利要求 1、2、4-6 中的任一项所述的静磁场发生装置, 其特征在于在极板 (2)、永磁柱 (1)、第一匀场环 (5) 和第二匀场环 (6) 等部件中的一个或多个部件上以永磁柱 (1) 端面轴线对称或基本对称地设置多个导磁或永磁螺栓 (11), 这些导磁或永磁螺栓 (11) 用来调节静磁场的场强。


8, 如权利要求 3 所述的静磁场发生装置, 其特征在于在极板 (2)、永磁柱 (1)、第一匀场环 (5) 和第二匀场环 (6) 上以永磁柱 (1) 端面轴线对称或基本对称地设置多个导磁或永磁螺栓 (11), 用来调节静磁场的场强。

9, 一种磁共振设备中的静磁场发生装置, 包括一个永磁柱 (1), 永磁柱由 C 型或多柱型构成磁回路, 该永磁柱 (1) 的两个相对的端面之间的空间放置被测物体或被测生物体, 该两相对端面沿其间的一个虚拟的平面基本上呈镜面对称, 在该两相对的端面的每一个端面上沿被测物方向设置一个极板 (2), 在每一个极板 (2) 之下沿被测物方向设置一个极片 (4), 在每一个极片 (4) 之下沿被测物方向设置一个梯度线圈 (7), 在每一个梯度线圈 (7) 之下沿被测物方向设置一个射频发射线圈 (8), 在每个梯度线圈 (7) 的外侧设置一个环绕该梯度线圈 (7) 的环形的第一匀场环 (5), 每对极板 (2), 极片 (4), 梯度线圈 (7)、射频发射线圈 (8) 和第一匀场环 (5) 基本上以永磁柱 (1) 的两个相对端面之间的虚拟平面基本上呈镜面对称, 其特征在于永磁柱由多组磁能级不同的永磁单元构成, 这些单元在磁能级方面基本上以极板平面的中心点对称, 在极板平面上贯穿该点的一条直线上以该点相对称的两处永磁单元的磁能级的大小相同, 并且在极板 (2)、永磁柱 (1)、第一匀场环 (5) 上以永磁柱 (1) 端面轴线对称或基本对称地设置多个导磁或永磁螺栓 (11), 用来调节静磁场的场强。

10, 一种在磁共振设备中调节静磁场的方法, 所述的磁共振设备包括一个

永磁柱 (1)，永磁柱由 C 型或多柱型构成磁回路，该永磁柱 (1) 的两个相对的端面之间的空间放置被测物体或被测生物体，该两相对端面沿其间的一个虚拟的平面基本上呈镜面对称，在该两相对的端面的每一个端面上沿被测物方向设置一个极板 (2)，在每一个极板 (2) 之下沿被测物方向设置一个极片 (4)，在每一个极片 (4) 之下沿被测物方向设置一个梯度线圈 (7)，在每一个梯度线圈 (7) 之下沿被测物方向设置一个射频发射线圈 (8)，在每个梯度线圈 (7) 的外侧设置一个环绕该梯度线圈 (7) 的环形的第一匀场环 (5)，每对极板 (2)，极片 (4)，梯度线圈 (7)、射频发射线圈 (8) 和第一匀场环 (5) 基本上以永磁柱 (1) 的两个相对端面之间的虚拟平面基本上呈镜面对称，其特征在于：在每个第一匀场环 (5) 的外缘之上沿被测物方向附加一个第二匀场环 (6)，两匀场环 (6) 基本上以上述的虚拟平面呈镜面对称，使与被测物有关的空间的静磁场均匀化。

- 11, 如权利要求 9 所述的调节静磁场的方法，其特征在于：其特征在于在极板 (2)、永磁柱 (1)、第一匀场环 (5) 和第二匀场环 (6) 等部件中的一个部件或多个部件上以永磁柱 (1) 端面轴线对称或基本对称地设置多个导磁或永磁螺栓 (11)，通过上下调节这些导磁或永磁螺栓 (11) 的位置来调节静磁场的场强。
- 12, 一种在磁共振设备中调节静磁场的方法，所述的磁共振设备包括一个永磁柱 (1)，该永磁柱 (1) 的两个相对的端面之间的空间放置被测物体或被测生物体，该两相对端面沿其间的一个虚拟的平面基本上呈镜面对称，在该两相对的端面的每一个端面上沿被测物方向设置一个极板 (2)，在每一个极板 (2) 之下沿被测物方向设置一个极片 (4)，在每一个极片 (4) 之下沿被测物方向设置一个梯度线圈 (7)，在每一个梯度线圈 (7) 之下沿被测物方向设置一个射频发射线圈 (8)，在每个梯度线圈 (7) 的外侧设置一个环绕该梯度线圈 (7) 的环形的第一匀场环 (5)，每对极板 (2)，极片 (4)，梯度线圈 (7)、射频发射线圈 (8) 和第一匀场环 (5) 基本上



以永磁柱(1)的两个相对端面之间的虚拟平面基本上呈镜面对称,其特征在于:用多组磁能级不同的永磁单元来构造永磁磁场源,使距极板中心较外侧的永磁单元的磁能级高于较内侧的永磁单元的磁能级,来改善磁场的均匀度,并且在极板(2)、永磁柱(1)、第一匀场环(5)和第二匀场环(6)等部件中的一个或多个部件上以永磁柱(1)端面轴线对称或基本对称地设置多个导磁或永磁螺栓(11),通过上下调节这些螺栓(11)的位置来调节静磁场的场强。

磁共振设备中的静磁场调节方法及其静磁场发生装置

本发明涉及一种调节磁共振设备中的静磁场的方法及一种能产生较高场强的静磁场发生装置。本发明的原理将以磁共振成像装置中 C 型磁体为例来加以说明。但本发明的应用范围不仅限于磁共振磁体，可应用到核磁共振磁体和其它应用电磁体产生均匀静磁场的装置，磁体形状也不仅限于所列举的 C 型。

在永磁体被应用到商用磁共振成像装置中的初期，这些永磁体的场强一般低于 0.25T。20 世纪 90 年代，出现了场强高达 0.3T、性能较好、造价合理，同时结构也很紧凑的商用永磁体磁共振成像装置。场强越高，磁共振信号的信噪比越高，永磁体磁共振装置所生成的图象的质量越好。近来，一些永磁体甚至能产生达到 0.35T 至 0.4T 的场强。

目前场强较高的磁体在制造上存在一些问题：

- (1) 场强高于 0.3T 同时扫描区磁场分布又十分均匀的永磁铁通常造价高昂、体积大、重量大（通常重于 17 吨）并且需较大的安装场地，这对其用于磁共振设备构成了限制。
- (2) 由于需要产生一个均匀的强磁场，极板尺寸通常较大，这样两极板间的开放角度必然受限制，这对幽闭恐怖症病人来说就成为了一个问题。
- (3) 在磁铁安装和使用过程中需要对其进行匀场（shimming）或维修时需要重新匀场，此时需要拆除梯度线圈和发射线圈，这类操作费时且成本高。
- (4) 由于存在制造误差，设计相同的磁铁的磁场强度也有差异，这使得批量制造彼此一致的射频线圈和整个系统变得非常困难，从而增加了相


对上述问题，已有技术中采用了如下面所述的解决办法：

- (1) 为提高场强并改善场强的均匀性，通常采用的方法是同时加大永磁体和极板的体积和尺寸，但这会增加造价，增大磁铁的体积和重量。
- (2) 采用罗斯环（Rose ring）来改善磁场的均匀性。但在场强超过 0.3T 时，用于人体全身磁共振的永磁体的磁场均匀性变得较差，单一罗斯环难以保证场强的均匀性。
- (3) 采用能降低磁通泄漏的永磁体来补偿极板外缘的场强泄漏。但该方法增加了磁体极板外缘尺寸且降低了开放角度，同时引入了复杂的制造工艺，增加了成本。
- (4) 引入场强调整和微调机构，但这些机构设计复杂，制造成本高。

然而，已有技术的这些手段所能实现的效果仍不能令人满意。

因此，本发明的方法和装置采用下列手段来改善已有技术的缺点：

- (1) 在不增加极板尺寸的情况下，另外设置一个调节装置匀场环来改善磁场的均匀性，而不降低极板间的开放度。同时该匀场环相对于第一种罗斯环的距离可改变，从而改变磁路，调节磁场均匀性。
- (2) 将多种磁能极不同的永磁性材料用特殊的方式排列起来，来改善磁场的均匀性，并降低成本。
- (3) 本发明通过三种方法来调节磁场强度和调节匀场。方法一：用设置在 C 形磁铁上极板外缘的微调导磁或永磁棒对静磁场进行场强调整和匀场，以对磁体制造和装配误差引起的磁场偏差做出补偿；方法二：在匀场罗斯环一上设置一导磁或永磁螺杆调节机构，通过改变螺丝杆的位置改变磁路，从而调节磁场；方法三：(1) 中所述改变第二

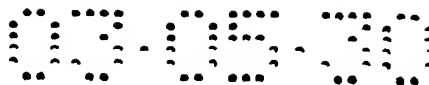


种匀场环相对于第 1 种罗斯环的位置来改变磁路，从而调节磁场。这三种方式组合调节范围大，操作容易。这样可补偿制造装配的误差，使永磁体的场强一致化。

进一步，本发明的方法和装置将上述手段（1）至（3）的两种或三种结合起来使用，以更好地实现匀场的效果。

在已有技术中，在上下两极的极板沿水平面的外缘都设置了匀场环（5）。单一的一对匀场环的匀场效果不够理想。由于永磁体结构的特点，磁场分布使得极板边缘的场强较弱，在场强大于 0.3T 时，该现象更为严重，单一的匀场环不能补偿磁场的均匀性。本发明改进了梯度线圈和发射线圈的设计和固定方式。以上极板匀场环为例，在原匀场环下方外缘增设了一相对于匀场环（5）距离可调的匀场环来改变磁场均匀性并且提供了匀场调节装置。同理，在下极板对称位置也增设了一距离可调的匀场环。

针对已有技术的不足，本发明提供了一种磁共振设备中的静磁场发生装置，包括一个永磁柱（1），永磁柱由 C 型或多柱型框架构成磁回路，该永磁柱（1）的两个相对的端面之间的空间放置被测物体或被测生物体，该两相对端面沿其间的一个虚拟的平面基本上呈镜面对称，在该两相对的端面的每一个端面上沿被测物方向设置一个极板（2），在每一个极板（2）之下沿被测物方向设置一个极片（4），在每一个极片（4）之下沿被测物方向设置一个梯度线圈（7），在每一个梯度线圈（7）之下沿被测物方向设置一个射频发射线圈（8），在每个梯度线圈（7）的外侧设置一个环绕该梯度线圈（7）的环形的第一匀场环（5），每对极板（2），极片（4），梯度线圈（7）、射频发射线圈（8）和第一匀场环（5）基本上以永磁柱（1）的两个相对端面之间的虚拟平面基本上呈镜面对称，其特征在于在每个第一匀场环（5）的外缘之上沿被测物方向附加一个第二匀场环（6），两匀场环（6）基本上以上述的虚拟平面呈镜面对称。



按照本发明的静磁场发生装置，上下两个匀场环（6）面对被测物的外面基本上不突出于射频发射线圈（8）面向被测物的的外平面，以方便被测物的进出。

本发明的静磁场发生装置的另一类解决方案是，将其中的永磁柱由多组磁能级不同的永磁单元构成，这些单元在磁能级方面基本上以极板平面的中心点对称，在极板平面上贯穿该点的一条直线上以该点相对称的两处永磁单元的磁能级的大小相同。更进一步，上述多组永磁单元在磁能级方面也可以穿过极板平面中心点并垂直于该极板平面的轴相对称，在绕该中心点的某一个环上的永磁单元的磁能级大小相同。

按照本发明的静磁场发生装置，其中的那些永磁单元按照磁能级呈环形分布。环的数目可以为2个、3个或更多。例如，当设置3个环时，所述的那些永磁单元按照磁能级相应地分成三个环域，外环域的磁能级为 N_3 ，中环域的磁能级为 N_2 ，内环域的磁能级为 N_1 ， $N_3 > N_2 > N_1$ 。

本发明的静磁场发生装置的另一类方案是，在极板（2）、永磁柱（1）、第一匀场环（5）和第二匀场环（6）等部件中的一个或多个部件上以永磁柱（1）端面轴线为对称设置多个导磁或永磁螺栓（11），用来精密地调节静磁场的场强。

在已有技术中，通常磁体边缘处的场强会低于中心处。作为已有技术的一种手段，在梯度线圈的外侧加上一个第一匀场环（5）会提高边缘处的场强。但本申请的发明人发现，单用第一匀场环（5）不能取得满意的效果。作为本发明的一部分，在第一匀场环（5）的面向被测物一侧、梯度线圈（7）的外侧再附加一个第二匀场环（8），并调整梯度线圈和发散线圈的固定关系。加入该第二匀场环会改变梯度线圈（7）及射频发射线圈（8）周围的电磁环境，需要相应地对

一个系统进行调整和匹配，而这个工作并非普通技术人员凭经验可以轻易地想到并做到的。例如，对一些磁共振系统，由于设计和制造上的原因，产品一旦定型就不容易在某一方面和某几方面做出改变，而不影响装置的其它的重要的指标。例如，单独纠正装置在制造和安装过程中所产生的偏差已属不易，在磁体上再附加一个新的匀场环需要对系统做出综合的考量，需要做出创造性的努力。

根据本发明的上述原理，也可以设计一个异形的匀场环来代替第一匀场环（5）和第二匀场环（8）。

另一方面，为实现更高水平的匀场，在设计不同磁能级的磁片组件时，需要重新设计磁场。在这个过程中，需要注意那些影响磁场强度的一级甚至是更高级的因素，例如制造精度、安装位置的偏差甚至磁体在安装过程中出现的微小的磕碰。

作为本发明的另一部分，可以在磁场发生装置的多处刻制螺纹，用与该处磁体相同或不同的磁性材料制成螺钉。螺纹与螺钉之间的配合十分重要。若二者的接触过紧，则调试时不得不对螺钉施加较大的力，容易导致螺钉的变形甚至断裂；接触过松，由于电磁噪声会导致振动得原因，会使场强变得不稳定，导致无规律的场强变动。

根据设备的制造和调试情况，可以把本发明上述的附加匀场环、不同磁能级的永磁单元及磁性材料调节螺栓等手段结合起来使用。例如，可以用第二匀场环辅以由不同磁能级的永磁单元的手段，或用第二匀场环辅以导磁或永磁螺栓微调的手段来达到匀场的效果。也可以同时采用不同磁能级的永磁单元组成磁场源，以及用磁性螺栓微调的手段来达到匀场的效果。

者，也可以同时采用第二匀场环、由不同磁能级的永磁单元组成磁场源以及采用导磁或永磁螺栓微调的手段，来达到匀场的效果。

本发明还公开了一种在磁共振设备中调节静磁场的方法，所述的磁共振设备包括一个永磁柱（1），永磁柱由 C 型或多柱型框架构成磁回路，该永磁柱（1）的两个相对的端面之间的空间放置被测物体或被测生物体，该两相对端面沿其间的一个虚拟的平面基本上呈镜面对称，在该两相对的端面的每一个端面上沿被测物方向设置一个极板（2），在每一个极板（2）之下沿被测物方向设置一个极片（4），在每一个极片（4）之下沿被测物方向设置一个梯度线圈（7），在每一个梯度线圈（7）之下沿被测物方向设置一个射频发射线圈（8），在每个梯度线圈（7）的外侧设置一个环绕该梯度线圈（7）的环形的第一匀场环（5），每对极板（2），极片（4），梯度线圈（7）、射频发射线圈（8）和第一匀场环（5）基本上以永磁柱（1）的两个相对端面之间的虚拟平面基本上呈镜面对称，其特征在于：在每个第一匀场环（5）的外缘之上沿被测物方向附加一个第二匀场环（6），两匀场环（6）基本上以上述的虚拟平面呈镜面对称，使与被测物有关的空间的静磁场均匀化；进一步，本发明的方法还可以用多组磁能级不同永磁单元来构造永磁柱，使距极片中心较外侧的永磁单元的磁能级高于较内侧的永磁单元的磁能级，来改善磁场的均匀度；更进一步，在上述方法的基础上，本发明调节静磁场的方法还在极板（2）、永磁柱（1）、第一匀场环（5）和第二匀场环（6）上以永磁柱（1）端面轴线为对称设置多个材料为导磁或永磁螺栓（11），通过上下调节这些螺栓（11）的位置来精密地调节静磁场的场强。

同时，本发明还公开了另一种调节磁共振设备中静磁场的方法，所述的磁共振设备包括一个 C 形永磁柱（1），永磁柱由 C 型或多柱型构成磁回路，该永磁柱（1）的两个相对的端面之间的空间放置被测物体或被测生物体，该两相对端面沿其间的一个虚拟的平面基本上呈镜面对称，在该两相对的端面的每一个端面

沿被测物方向设置一个极板 (2)，在每一个极板 (2) 之下沿被测物方向设置一个极片 (4)，在每一个极片 (4) 之下沿被测物方向设置一个梯度线圈 (7)，在每一个梯度线圈 (7) 之下沿被测物方向设置一个射频发射线圈 (8)，在每个梯度线圈 (7) 的外侧设置一个环绕该梯度线圈 (7) 的环形的第一匀场环 (5)，每对极板 (2)，极片 (4)，梯度线圈 (7)、射频发射线圈 (8) 和第一匀场环 (5) 基本上以永磁柱 (1) 的两个相对端面之间的虚拟平面基本上呈镜面对称，该方法的特征在于：用多组磁能级不同的永磁单元来构造永磁柱，使距极片中心较外侧的永磁单元的磁能级高于较内侧的极片单元的磁能级，来改善磁场的均匀度，并且在极板 (2)、永磁柱 (1)、第一匀场环 (5) 和第二匀场环 (6) 上以永磁柱 (1) 端面轴线为对称设置多个导磁或永磁螺栓 (11)，通过上下调节这些螺栓 (11) 的位置来精密地调节静磁场的场强。

本发明所附的 5 个附图进一步说明了本发明的原理，其中：

图 1 示出了 C 形磁体上下两极的匀场环；

图 2 示出了图 1 中用圆圈框住的部分的放大图；

图 3 示出了用多个导磁或永磁螺栓来调节场强的方法；

图 4 和图 5 中示出了使磁场源中的不同区域具有不同磁能级的手段来使磁场更均匀的方法。

图 1 中示出了 C 形磁体上下两极的匀场环。在图 1 中，部件 9 为压板，10 代表磁场产生源。在图 1 磁场源外缘示出了多个可上下移动的导磁或永磁螺栓 (11)，来实现上述的技术效果。

图 2 为图 1 中圆圈部分的放大图；其中部件 1 为永磁柱，2 为极板，3 为切割处理后的极板，4 为极片，5 为第一匀场环，6 为带调节装置的第二匀场环，7 为梯度线圈，8 为射频 (RF) 发射线圈。从图 2 可以看到，在原有的匀场环 (5)

又附加了一个新的匀场环(6)。在图中，上部的匀场环(5)的外径与下部的匀场环(6)的外径相同。匀场环(6)的内径大于匀场环(3)的内径，因而不影响利用匀场环(5)下小于匀场环(6)内径的空间部分用来固定梯度线圈。匀场环(6)的下端面不低于发射线圈下平面。同样，下极板的两匀场环位于对称于上极板中的相应位置。这样，这种设计不会减小上下两极板及匀场环间的距离，即不会影响开放性。在图2中还用两个分别可沿水平方向和垂直方向移动的粗黑箭头示出了设置在第一匀场环(5)和第二匀场环(8)

对第二匀场环(8)开头和位置的精心考虑，可以做到既改善了边缘的磁场分布，又增加了一种匀场的调节效果，同时又不影响上下两极之间的开放空间。

图4中示出了另一种改善场强均匀性的方法。通常，场强大于0.3T的永磁体，其极板间边缘的场强较中心区减弱较多。为使两极板间的区域的磁场更均匀，本发明提出了将磁场产生源分成数个不同区域，不同区域的磁体具有不同的磁能级。如图4中所示，可以使本发明的极板上以极板的轴心为中心的数个圆形或环形区域具有不同的磁能级：中心区域的磁能级为 N_1 ，中区域的磁能级为 N_2 ，外区域的磁能级为 N_3 ，使 $N_1 < N_2 < N_3$ 。也可以如图4那样，以沿极板中心纵轴对称的方式来设置多个磁能级不同的磁体。

图5是磁体的一个纵切面图，图中不同灰度的阴影表示不同磁能级的磁性体。各磁性体块沿磁体中心轴对称。中心区磁能级最低，越向外的磁体其磁能级也越高。也可根据极板上有意设计的非均匀性结构和磁路特点，根据本发明的原理变化出其它新的磁能级组合形式。磁能级可分成多个等级，其能级高低排列也并不局限于单纯的由里向外增大的方式，还可根据极板及其装置磁路结构做一些调整。

外，如图 3 中所示，本发明另一种使磁能级均匀的手段是在极板、压板外缘及永磁柱外侧插入多个磁性螺栓，通过改变磁路来调节磁场强度的均匀性。

如图 3（及图 1）中所示，这些磁性螺栓可以对称地设置。但如考虑到 C 形磁体中段连接体对两极间场强的影响或其它多柱平板式结构，也可以不对称地设置这些螺栓。即使所述的磁共振成像设备在制造和装配过程中有误差，在一定的程度上也可通过调节这些螺栓的深度而微调诊断区的场强。螺栓材料可为永磁材料也可为铁磁材料。各螺栓的直径可以相同，也可以略有不同，但最好直径相同。螺栓应对称布置或较对称地设置。螺栓的数量应根据磁场强度和制造工艺水平来设置，但过多的螺栓会使设备调试变得过于困难。本领域普通技术人员不难根据设备的具体情况来灵活地设置并调节这些螺栓，来达到匀场的效果。

技术人员可以将本发明上述的一种或几种手段组合起来，使匀场的效果更好。

本发明装置和方法的一个优点在于：

按照本发明方法所制成的磁体，其场强可高于 0.3T，并且其在扫描区域的一致性合乎要求，因此可减小装置的尺寸并降低造价。例如，采用本发明方法所制造的一台 0.35T 磁体的规格如下：重量：<16 吨；磁场均匀性：在 36cm DSV 时， $<\pm 20\text{ppm}$ ；病人入口宽度（patient gap）：41cm；静磁场稳定性： $<\pm 20\text{Hz}/10$ 分钟。

本发明装置和方法的另一个优点是，由于可以精密地设计装置，因此大部分调试工作可以在制造和半成品组装过程中完成，不必在现场被动地做磁场微调，这样就减少了安装时间，同时提高了设备的调试精度。

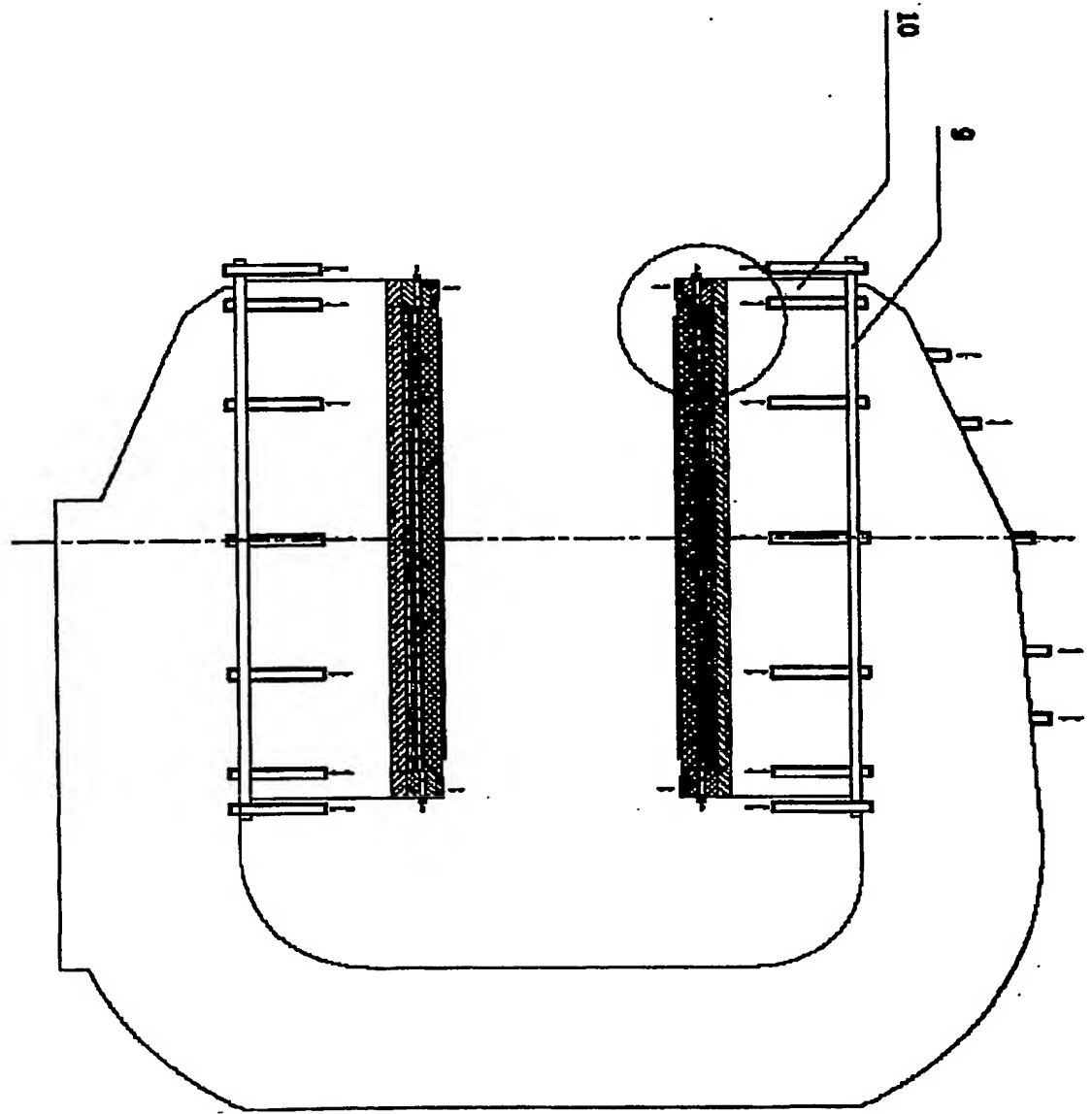


图 1

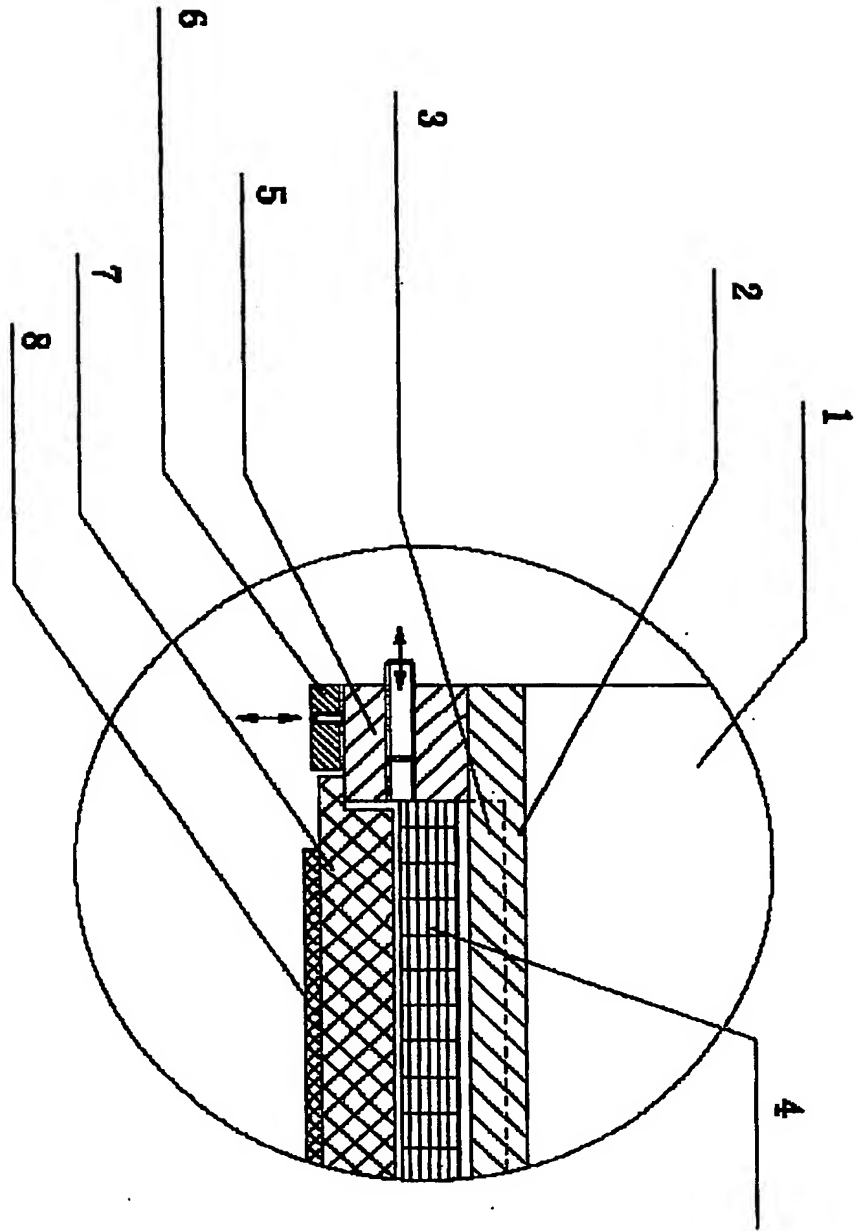


图 2

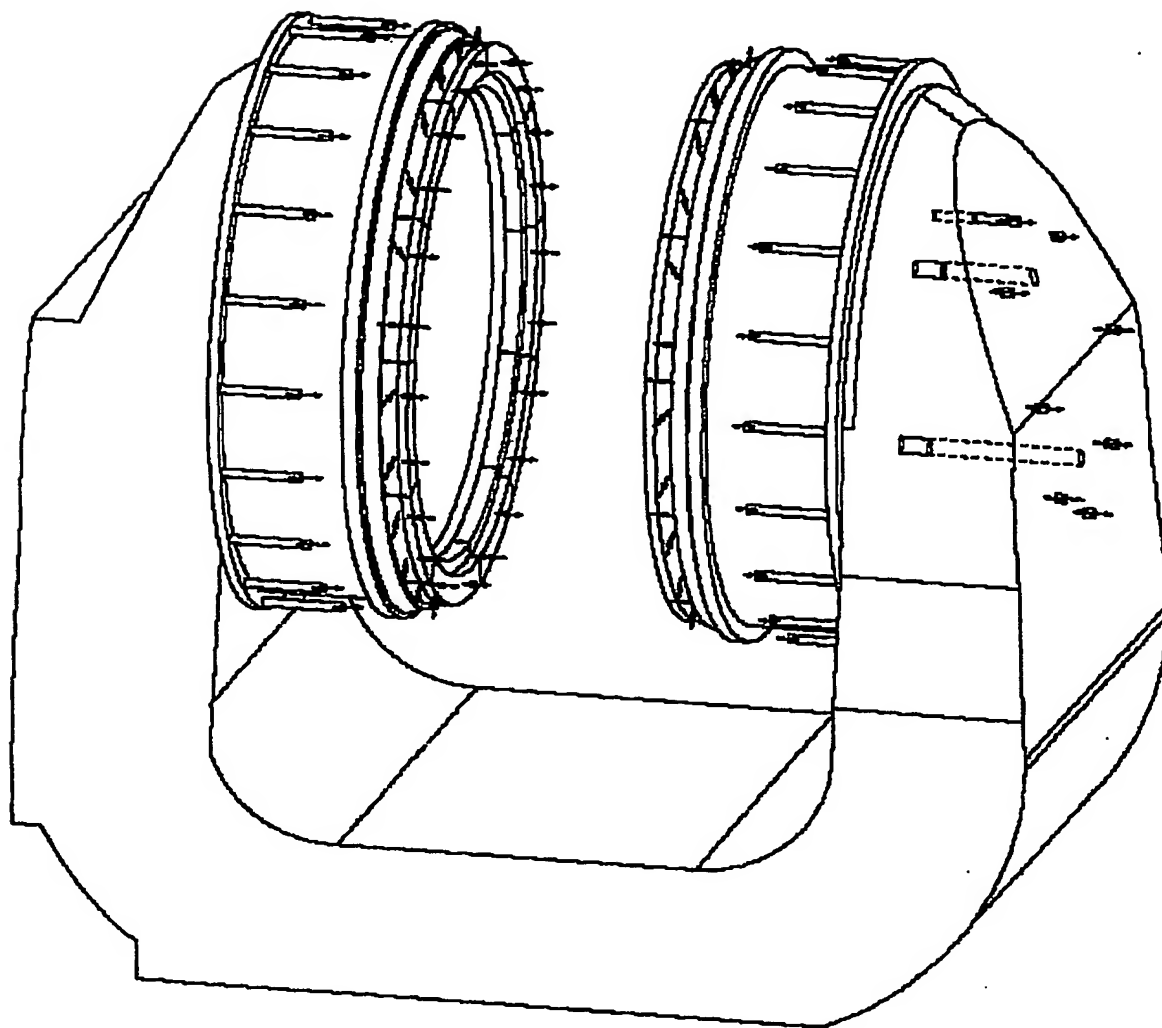


图 3

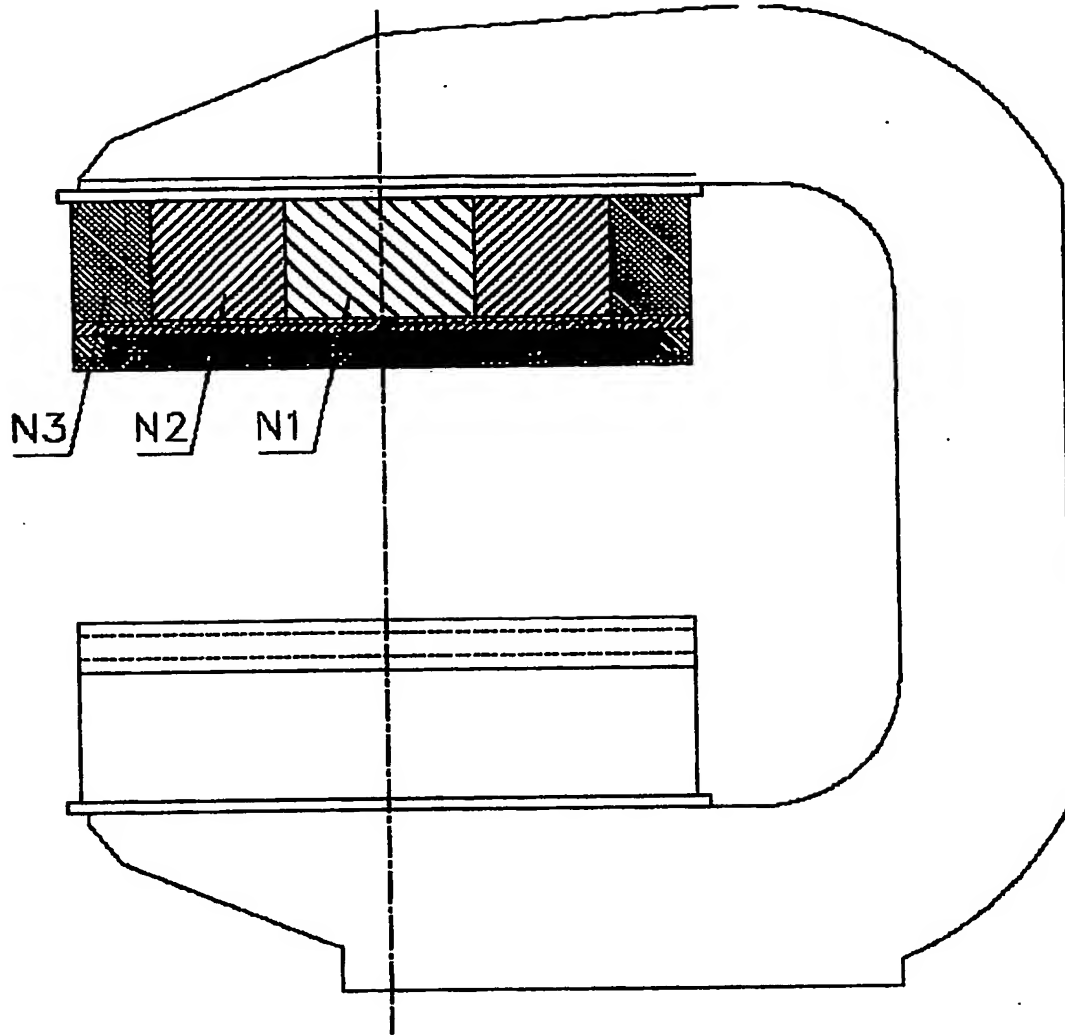


图 4

03.05.30

7

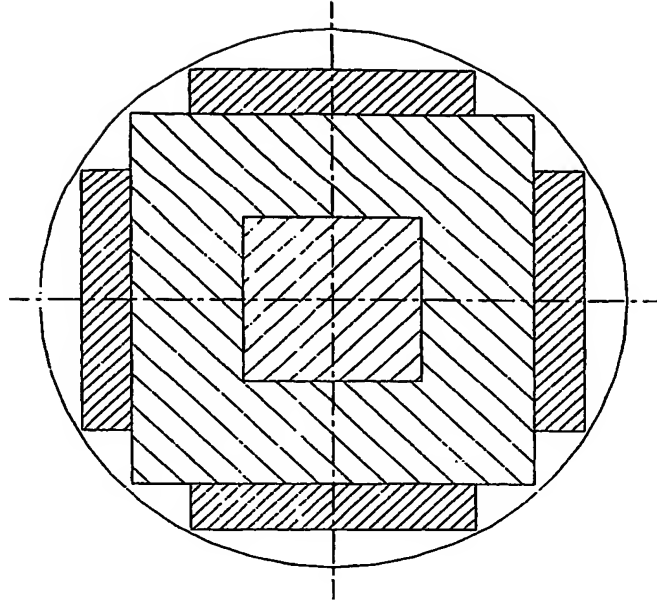


图 5